

港湾付近における海浜変形と底質との関係

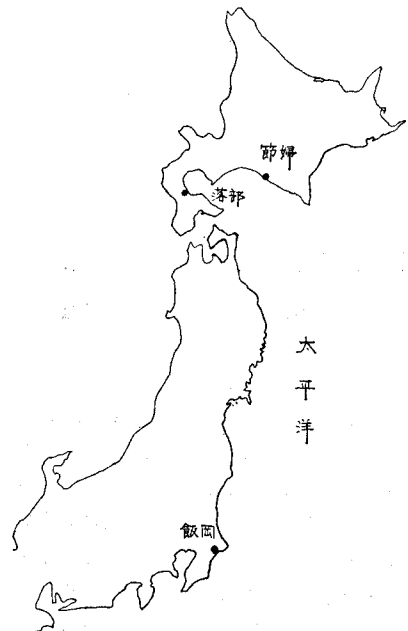
尾 崎 晃*

1. 小規模港湾における漂砂問題の類型

砂浜海岸に建設される小規模港湾（主として漁港が多い）において最もやっかいな問題は漂砂による埋没にどのように対処するかということで、全国各地で外洋に面したそのような港においては大きな小なり漂砂の洗礼を受けている。漂砂による港の埋没といっても、それはその港ごとに地理的位置、外かく施設の形、前面一帯の海況、海浜、海底を構成する底質の物理的性質などによって一様ではなく、各地のそうした問題に当面している港々でその形態は千差万別のように見える。しかし一見そのように見えても、数多くの港湾において発生する砂の堆積、埋没の形態を調べると、そこにはおのずとある特定の形態が存在しており、問題を大づかみにではあるが類型化することができる。以下にそのような類型の実例をあげる。ここに取り上げた三漁港はいずれも太平洋岸の砂浜海岸に位置する第一種漁港で、その規模はほぼ等しい。北海道の日高海岸で太平洋に直面している節婦漁港、同じく太平洋岸ではあるが内浦湾内に位置する落部漁港、および千葉県九十九里海岸の飯岡漁港の三港である（図一1）。これらの三港はいずれも当初の計画通り外かく施設が完成し、港としての使用が開始されて以来毎年漂砂によって港湾の機能を大幅に阻害されてきた点だけは同じであるが、埋没の形態すなわち防波堤の周囲や港口、航路などへの漂砂の移動、堆積のしかたが大いに異なっているのである。

それぞれの港で漂砂堆積が最悪の状態になったときの汀線形状、および海底の堆積の形態を図一2以下に示す（ただし節婦漁港は現在は既に改良されて、この図のような状態は全く見られない。これは昭和38年当時の状況である）。各港における卓越波向および卓越沿岸流向を夏期、冬期にわけて矢印で記入してある。飯岡は夏冬であり差異がない。Ⅰ型は節婦漁港（図一2）の場合に見られるように、卓越波向側の汀線が大きく前進し、すなわち前浜部分が非常に発達して高くなり、防波堤の外側へ新しく前浜が出現したような形で、それが伸びて港口まで発達して行き、やがて港口を包むような形で埋没する形式である。Ⅱ型は落部漁港（図一3）に見られる埋

没形態で、卓越波向したがって沿岸流の卓越方向側の前浜があまり目立った発達をせず、その結果Ⅰ型におけるような防波堤前面一帯に汀線が張り出してくるような状態が見られない。それにもかかわらず港口前面一帯が次第に浅くなって、冬期に波向が変わるとその砂が徐々に港口を通じて港内一帯に押込まれる。港口前方一帯および卓越波向、卓越流向に対して下手側の前浜付近は水面上に現われるほどの堆積ではないが、測深してみると次第に浅くなっていることがわかる。Ⅲ型はいまのⅡ型とよく似ていて、飯岡漁港（図一4）の例²⁾に見られるように卓越波向側の前浜こう配は緩で、防波堤前面沿いに前浜の発達も認められない。それにもかかわらず港口前方から航路一帯にわたって堆積が生じ、これらは局部的には干潮時の水面上に現われるほどの高さに達する。また卓越波向下手側防波堤の外側も全般的に浅くなり、沿岸砂洲が発生する。以上Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型と仮りに名付けて分類した。海岸線の形状、底質などそれぞれ異なるこれらの港において、堆積や欠陥などの発生要因や、最終的な埋没形態が異なるのは当然とも考えられるが、しかしそれが主として地形、地質などの地理的要素による



図一1

* 正会員 工博 北海道大学教授 工学部

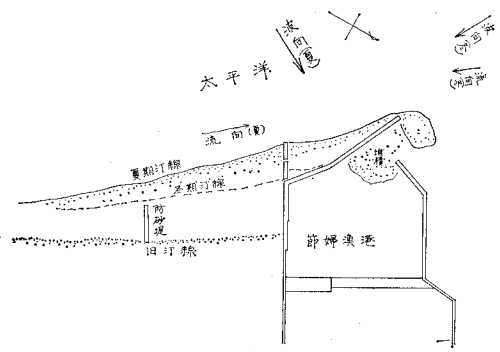


図-2 節婦漁港の埋没形態 (昭和38年)

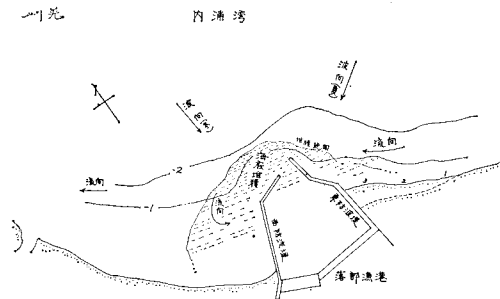


図-3 落部漁港の埋没形態 (昭和43年)

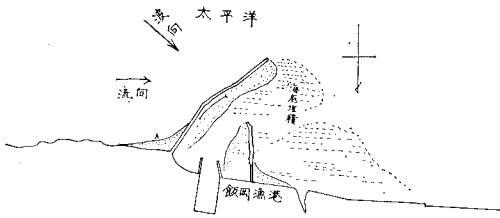


図-4 飯岡漁港の埋没形態 (昭和45年)

のか、底質の粒径、比重など物理的性質の相異に基づく力学的要素によるのかなどの、主たる原因を見出すことは今後の防止対策を考える際にきわめて重要な問題である。

2. 類型と各種要因との間の相互関係

砂浜海岸の海浜地形変化に影響を与える要素としてはまず第一に波の性質(波高、波長、波向)、海底勾配、底質の粒径、比重、および沿岸流の流速、流向などがあげられる。前項に述べた漂砂堆積の三つの類型に、これらの諸要素がどの程度かわり合っているかを知ることが重要な問題であるが、いまここに取り上げた三漁港の場合いずれも上記の諸資料を完全には揃えていないのが実情である。特に最も必要な波の諸元に関するデータは三漁港とも欠いているので、近隣の観測施設のある港のデータに頼るほかなかった。しかしそれ以外の海底こう配、底質粒径、沿岸流についてはかなり信頼度の高いデ

ータが集められた。以下にこれらの諸元が前記類型の発生にどのように関係しているかを調べてみる。

(1) 波の記録

波浪観測記録の一例として、節婦漁港の場合ここから海上直線距離で60 km 西にある苫小牧港の観測値(表-1)を、飯岡漁港では東へ約10 km の名洗港における既往の観測値(表-2)を、また落部漁港の波としては、内浦湾内で同じ向きの海岸線上にある八雲(約20 km)と石倉(約5 km)の臨時観測記録を掲げる(図-5(a), (b))。なお観測施設の状態は苫小牧港では水深-9.7 m の位置にステップ式波高計、名洗港は水深-10 m の地点に水圧式波高計、八雲、石倉は水深-5 m および-6 m の地点に波高桿をたて、陸上よりトランシ

表-1 周期別波高出現回数(苫小牧港)¹⁾
—昭 44—

波高 周期	(m) 0.4 以下	0.5 ~0.9	1.0 ~1.4	1.5 ~1.9	2.0 ~2.4	2.5 ~2.9	3.0 ~3.4	3.5 以上	計
(sec)									
1.0~1.9									
2.0~2.9	6	4			1				11
3.0~3.9	23	77	5						105
4.0~4.9	69	360	92	10					531
5.0~5.9	60	313	135	44	12	2			566
6.0~6.9	41	245	115	57	22	7	1		488
7.0~7.9	56	278	106	44	12	5	1	2	504
8.0~8.9	105	376	85	20	2	2	1	1	592
9.0~9.9	110	349	61	21	5	6		1	553
10.0~10.9	74	184	53	19	13	6	1	2	352
11.0~11.9	37	81	31	12	4	5			170
12.0~12.9	23	24	14	21	4	4	2	4	96
13.0~13.9	19	11	2	10	6	3			51
14.0~14.9	5	5	1	1	2	2	1		17
15.0以上	3	1						10	4
計	631	2,308	700	259	83	42	7	10	4,040

表-2 周期別波高出現回数(名洗港)²⁾
—昭 33~39—

波高 周期	(m) 0 ~0.49	0.50 ~0.90	1.00 ~1.49	1.50 ~1.99	2.00 ~2.49	2.50 ~2.99	3.00 ~3.49	3.50 以上	計
(sec)									
5.0以下	8	13	13	8	5	3	2	2	54
5.1~6.0	6	28	32	13	2				81
6.1~7.0	21	85	77	34	29	11	6	4	267
7.1~8.0	48	204	124	95	44	35	11	21	182
8.1~9.0	42	293	206	104	46	21	17	21	750
9.1~10.0	26	204	169	97	42	32	11	34	615
10.1~11.0	9	91	109	67	38	22	5	15	356
11.1~12.0	1	12	47	65	37	11	4	12	189
12.1~13.0	1	2	14	22	11	11	1	7	69
13.1以上		1	4	2	4	4	3	8	26
計	162	933	795	507	258	150	60	124	2,989

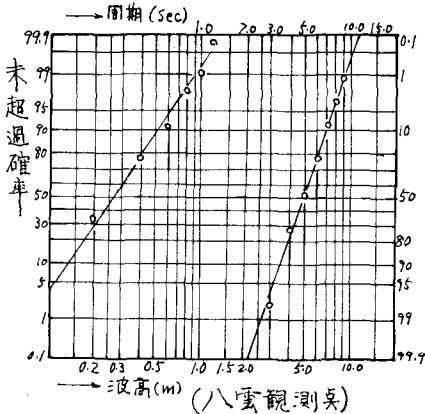


図-5 (a) 八雲の波高, 周期

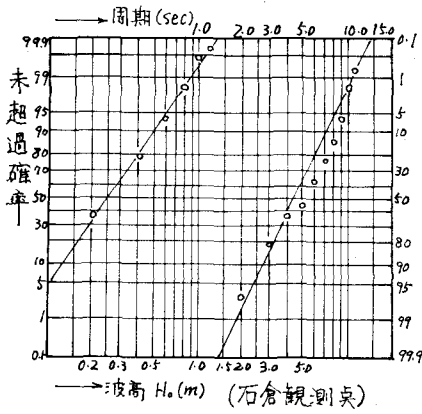


図-5 (b) 石倉の波高, 周期

ットで目視観測を行なった。したがって表および図中の各数値はそれぞれの水深や、施設の状況を勘案して読み取る必要がある。これらによれば苫小牧では周期8~10秒台の波が昭和44年1年間全観測数の37%を占め、また名洗港では同じく8~10秒台の波が昭和33年から39年までの7年間の全観測数の57.6%である。それぞれの周期の場合に最も出現頻度の高い波高に対する波形勾配は苫小牧では0.015~0.02、名洗では0.02~0.028程度である。また八雲、石倉に関しては波高は小さく、1.2~1.4mが最大であって波形勾配は0.02以下のものが90%を占めている。苫小牧、八雲、石倉の場合、上記の数字は1年間を通じてのものであるが、これらの地点で漂砂の堆積が特に顕著になる時期は夏から秋にかけての台風シーズンなので、その期間中だけを取り出せば波形勾配はさらに小さくなる傾向を示す。ともかく節婦、落部、飯岡の3地点とも太平洋のうねりによる影響を強く受けていることは確かで、波長の長い、波形勾配の小さい(観測位置での波高は2.0m以下の出現頻度が約90%程度)波が多い。

(2) 海底地形

節婦、落部、飯岡3地点の卓越波向側(沿岸流の卓越方向もほとんどこれと一致し、したがって漂砂の堆積する側である)の代表的海底勾配を示したのが図-6である。比較の便宜上±0の汀線位置を重ね合わせてある。図中には一地点ごとに2つの断面を示してあるが、それぞれ汀線と直角方向および主波向方向の断面である。しかしどちらもあり大きな差異はない。ここで気付くことは前浜およびこれに続く外浜の水深の浅い部分(-3mくらいまで)の勾配で節婦と落部とはかなり異なっており、落部と飯岡とはほぼ等しいという点である。-4m以下では節婦と落部の海底こう配はほとんど等しくなっている。飯岡では-3m以下が非常に緩こう配であるが、これは海底が岩盤でこのような形になっていることによる。なお節婦における(2)の線は防波堤工事か

開始される直前の海底勾配である。

(3) 漂砂の粒径分布

次にこれらの海岸における漂砂の粒径を調べてみると以下に述べるような相違点が見出された。すなわち一言にしていえば、節婦において夏の防波堤東側汀線が前進する時期の前浜を構成する砂には大粒径のものが多く、浜こう配も1/10程度に急である。

落部においてはやはり夏期に東防波堤の東側から来る漂砂が卓越しているが、1.にも述べたように汀線の前進は顕著でなくそれでいて外かくを包むように徐々に海底が浅くなる。落部の前浜の砂は節婦にくらべると、一般に粒径が小さい。飯岡も卓越波向側の前浜はほとんど発達せず、汀線も前進しないのに、防波堤の陰の部分一帯に堆積が発達する。飯岡では堆積側の砂粒径は落部よりもさらに小さく、外浜も同様に微粒砂よりなる。砂の採取地点は各港とも前浜、外浜の多くの地点で行ない、さらに浮遊砂も捕砂竹によって採取し、水深別に粒度分布曲線を作った。これらの結果についての詳細な記述は紙数の都合でできないが、それらの中より代表的なものをいくつか取り出して図-7に示す。図中の最も左側、すなわち $d_{50}=0.12\text{ mm}$ は飯岡のA地点(図-4)の砂、次に中央の一群は落部の1, 2, 3地点(図-3)の砂で、 $d_{50}=0.23\sim 0.3\text{ mm}$ 、右側の一群は節婦漁港南防波堤東側汀線の砂で、 $d_{50}=0.6\sim 1.0\text{ mm}$ である。

節婦の汀線砂がこれらの中で粒径が最大であるが、水深-5m以上においては $d_{50}=0.08\sim 0.1\text{ mm}$ 、落部についても-5m以上では $d_{50}\approx 0.1\text{ mm}$ であって、-5mより深い所では図-6に見られるように海底勾配はほとんど一致している。飯岡においては汀線砂と外浜海底砂の粒径間にはほとんど大きな差はない。 d_{50} の値をくら

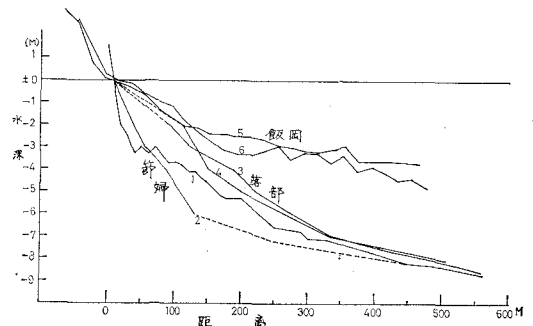


図-6 節婦, 落部, 飯岡の堆積側浜勾配の比較

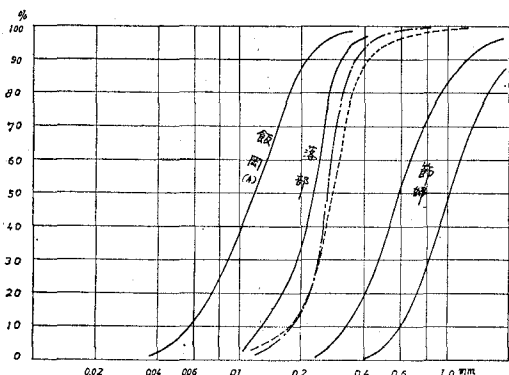


図-7 汀線砂の粒径(節婦, 落部, 飯岡)

べると、東防波堤より卓越波向の側(図-4A)においては汀線砂は $d_{50}=0.12$ mm に対し、水深 -3 m までの海底砂は $d_{50}=0.11\sim 0.17$ mm である。ここでは防波堤内および西防波堤の外側(下手の側)海底に堆積する砂の粒径が、卓越波向側のそれよりも大で、 $d_{50}=0.12\sim 0.3$ mm とばらつきが大きい。また水深 -2 m と -4 m の地点に入れた竹ざお捕砂器で採集した浮遊漂砂の粒径は、海底近くでは $d_{50}=0.16\sim 0.12$ mm、水面付近では $d_{50}=0.08$ mm であった。すなわち飯岡では汀線付近の砂も前浜から外浜にかけての海底砂も、また浮遊運搬されている砂もそれらの粒径の間に大きな開きが見られない。落部の場合も水深 -2 m から -5 m までの間で採集した浮遊砂の粒径は卓越波向側では $d_{50}=0.15$ mm、港口沖から下手側一帯にかけては $d_{50}=0.1$ mm で、いずれも汀線砂に比較していく分微粒である。しかし同一地点の海底表面砂の粒径との間には大差がなく、海底において $d_{50}=0.2$ mm の場合、同一地点の浮遊砂 $d_{50}=0.15$ mm 程度である。節婦においては浮遊砂の粒径を測っていなかったので同様の比較はできないが、前浜の砂 $d_{50}=0.6\sim 1.0$ mm に対して -5 m の海底表面砂 $d_{50}=0.08\sim 0.1$ mm であって両者の差は非常に大きい点が前記2港と大いに異なる点である。

(4) 沿岸流速

沿岸流の流速は飯岡では約 20 cm/sec、節婦 15~20 cm/sec、落部では東防波堤外側で局部的に大きいところがある他は平均して 10~15 cm/sec 程度である。

3. 考 察

以上に類型発生に影響すると考えられる諸要素をあげた。この問題に関係のある既往の研究には、海浜の平衡勾配に関する研究^{4),5)}、海浜変形における縮尺効果の研究^{6),7)}、汀線を構成する砂粒径と堆積との関係⁸⁾など、既にいくつかの基礎的研究がある。波形勾配ならびに相対粒径(d_{50}/H_0)と、海浜変形(正常海浜、暴風海浜などの)との関係についても二次元の場合には貴重な成果⁹⁾

が得られている。しかしそれらをいまここにあげたような三次元の現地の問題に直接結びつけて、現象を説明することはまだ困難である。ただ一つの見通しとして考えられることは、粒径の大小が前浜勾配に関係することで、粒径が大で前浜から外浜にかけての勾配が急なところでは、節婦漁港の場合のように漂砂上手側の汀線が前進しながら、すなわち前浜が海中部分へせり出しながら港を包囲する形で埋没が起る。この場合、漂砂移動形態は主として汀線付近を掃流される状態である。

これに対し落部や飯岡のように砂の粒径が小さくて、前浜勾配が緩なところでは、したがって汀線も前進せず、漂砂は主として浮遊状態で運搬される。もちろん来襲波の特性と密接な関係があるはずであるが、上に例にあげた漁港の場合には(1)に述べたように、波の性質特に波形勾配がほとんど似ているので、概略の比較を行なうには砂の粒径をそのままくらべることができよう。波と海浜変形との関係においては波形勾配が一つの指標であることは1949年、Johnsonの指摘により周知の事実となったが、その後 Saville⁷⁾、岩垣・野田⁸⁾らの研究によりただ単に波形勾配だけではなくて、底質粒径と波高との比 d_{50}/H_0 (相対粒径)も重要な要素であることが明らかになった。すなわち波形勾配、波高ともに一定の場合には大粒の砂に対しては正常海浜であっても、微粒の砂に対しては暴風海浜となる。岩垣・野田⁸⁾は「 d_{50}/H_0 の値がその限界値より大きい場合には主として掃流形式によって砂が移動し、小さいときには浮遊による底質の運搬が卓越するのではないかと想像される」といっているが、上に述べてきた事実は結果的にはこれを証明している。ただその現象それ自身の内部機構については不明の点が多く、今後の研究に待たなくてはならないであろう。

なお以上の研究は昭和45年度文部省特定研究費(代表者 京大防災研 土屋義人教授)による研究成果の一部であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 開発局苫小牧港建設事務所: 昭和44年度苫小牧港調査報告書。
- 2) 日本テトラポッド株式会社: 飯岡漁港水理模型実験報告書, 昭46. 3.
- 3) 北海道開発局土試: 内浦湾海岸侵食成因調査報告書, 昭42.
- 4) 岩垣・樫木: 海浜の平衡勾配と碎波による砂移動に関する実験, 第2回海岸工学講演会講演集, 1955.
- 5) 篠原・椿・斎藤: 漂砂と波の特性に関する研究, 第5回海岸工学講演会講演集, 1958.
- 6) 岩垣・野田: 海岸変形の実験における縮尺効果の研究, 第8回海岸工学講演会講演集, 1961.
- 7) Saville: Scale effects in two dimensional beach studies. Proc. IAHR, 1957.
- 8) 井島・青野: 海岸汀線物質の砂堆積におよぼす影響, 第6回海岸工学講演会講演集, 1959.